

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-151367

(43)Date of publication of application : 31.05.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/302  
H01L 21/205  
H01L 21/31

(21)Application number : 03-189003

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 29.07.1991

(72)Inventor : COLLINS KENNETH S  
RODERICK CRAIG A  
YANG CHAN-LON  
WANG DAVID N K  
DAN MEIDAN

(30)Priority

Priority number : 90 560530 Priority date : 31.07.1990 Priority country : US

## (54) VHF/UHF PLASMA-PROCESSING METHOD FOR FORMING INTEGRATED CIRCUIT STRUCTURE ON SEMICONDUCTOR WAFER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a plasma-assisting CVD conformal isotropic vapor-deposition processing method, wherein a silicon oxide is vapor-deposited on a semiconductor wafer.

CONSTITUTION: A plasma is, with a VHF/UHF power source, generated at the frequency of range about 50-800 MHz. A low-pressure plasma combination etching or vapor-deposition process is performed under a pressure about 500 milliTorr or less, with an area ratio between an anode and a cathode of about 2:1-20:1, with an inter-electrode distance of about 5-30 cm. A high pressure plasma-assistance etching or vapor-deposition process is performed under a pressure range of 500 milliTorr -50 Torr or higher, with the inter-electrode distance between anode and cathode in the range of less than about 5 cm.

空気を約2から約50.3ミリトルの圧力に設定し、これが電極と電極を有し、上向きには半導体ウェーハが取り付けられ、電極間隔は5cm以上である。

約50MHzから約800MHzの高周波数と10から70ワット/インチの電力密度において、動作する電源により誘起されたプラズマを使用して、半導体ウェーハ上の素子をエッチングする。

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.06.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2634334

[Date of registration] 25.04.1997

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right] 25.04.2002

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-151367

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302	C	9277-4M		
21/205				
21/31	C			

審査請求 有 請求項の数55(全 14 頁)

(21)出願番号 特願平3-189003

(22)出願日 平成3年(1991)7月29日

(31)優先権主張番号 5 6 0 5 3 0

(32)優先日 1990年7月31日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッド

APPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(72)発明者 ケニス エス コリンズ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95037 モーガン ヒル 23 ウェスト  
ダン アベニュー 260

(74)代理人 弁理士 中村 稔 (外7名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体ウェーハ上の集積回路構造体形成用VHF/UHFプラズマ処理法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】半導体ウェーハ上に酸化けい素を蒸着するプラ  
ズマ補助CVD共形等方性蒸着処理法を提供する。

【構成】プラズマが、VHF/UHF電源により、約5  
0から約800MHzの範囲の周波数で発生する。低圧  
プラズマ結合エッチングあるいは蒸着処理は、約500  
ミリトルを超えない圧力で、陽極と陰極の面積比が約  
2:1から約20:1の範囲で、また、電極間距離が約  
5cmから約30cmの範囲で、行われる。高圧プラズマ補  
助エッチングあるいは蒸着処理は、500ミリトルから  
50トル以上の範囲の圧力で、また陽極と陰極の電極間  
隔が約5cmより小さい範囲で行われる。

室を約2から約500ミリトルの圧力に設定し、これが  
陽極と陰極を有し、陰極上には半導体ウェーハが取り付け  
られ、電極間隔は5cm以上である。

約50MHzから約800MHzの周波数と10から76ワット  
/インチ<sup>2</sup>の電力密度において、動作する電源により誘起さ  
れたプラズマを使用して、半導体ウェーハ上の素子をエッ  
チングする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウェーハが取り付けられた電極を有する真空室内の半導体ウェーハ上に、集積回路素子を製作する方法であって、前記電極へ接続され、且つ約50MHz から約800MHz の周波数範囲内で動作する一つ以上の電源により励起された前記室内のプラズマを維持することにより成っていることを特徴とする処理法。

【請求項2】 前記電源が、約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup> の範囲のウェーハ領域の電力密度で動作することを特徴とする請求項1に記載の処理法。

【請求項3】 処理が、磁気強化のために前記室の外部の周囲に配置された補助磁石の使用との組合せで行われることを特徴とする請求項1に記載の処理法。

【請求項4】 前記プラズマが、約50MHz から約800MHz の周波数の範囲外で動作するほかの電源へも接続していることを特徴とする請求項1に記載の処理法。

【請求項5】 半導体ウェーハ上に集積回路素子を製作することに使用される素材をエッチングするプラズマ補助のRIE処理法にして、約50MHz から約800MHz の周波数範囲を有する電源を使用し、陽極と陰極上のウェーハとを有した約2から約500ミリの範囲内の圧力において維持された真空エッチング室内で、約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup> の範囲の、ウェーハ領域の電子密度に維持されたプラズマを維持することにより成ることを特徴とする前記処理法。

【請求項6】 前記陽極と陰極が、少なくとも2:1の陽極と陰極との面積比と約5cm以上の電極間隔を有することを特徴とする請求項5に記載の処理法。

【請求項7】 前記陽極と陰極が、約5cmから約30cmの範囲の電極間隔を有することを特徴とする請求項5に記載の処理法。

【請求項8】 RIE（反応性イオンエッチング）処理法が、約0.3から0.75ミクロン/分のエッチング速度で酸化けい素をエッチングする処理より成ることを特徴とする請求項6に記載の処理法。

【請求項9】 前記電源が、約100MHz から約250MHz の周波数範囲内で動作することを特徴とする請求項8に記載の処理法。

【請求項10】 前記室内の前記圧力が、約20から約200ミリの範囲にあることを特徴とする請求項6に記載の処理法。

【請求項11】 前記電力密度が、ウェーハ領域で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup> の範囲にあることを特徴とする請求項6に記載の処理法。

【請求項12】 さらに、ふっ素の素材と、水素の選択素材と、炭素の素材と、酸素の選択素材と、選択不活性ガスとを、前記プラズマが点弧する前記室に流入することにより成ることを特徴とする請求項6に記載の処理法。

【請求項13】 前記RIE処理法がポリシリコンある

いはフォトリソストよりもむしろ酸化けい素をエッチングする選択処理より成り、酸化けい素のエッチング（厚さ）速度とポリシリコンあるいはフォトリソストのエッチング（厚さ）との約2:1から約30:1以上の比を得るように、炭素とふっ素との原子比が約0.1:1から2:1の範囲にあり、また、存在する水素とふっ素との比が約0.1:1から0.5:1の範囲にあることを特徴とする請求項12に記載の処理法。

【請求項14】 前記RIE処理法が、約0.2から1.0ミクロン/分のエッチング速度でポリシリコンあるいはアルミニウムをエッチングする処理より成ることを特徴とする請求項6に記載の処理法。

【請求項15】 前記電源が、約100MHz から約800MHz の周波数範囲内で動作することを特徴とする請求項14に記載の処理法。

【請求項16】 前記電源が、約150MHz から約600MHz の周波数範囲内で動作することを特徴とする請求項14に記載の処理法。

【請求項17】 前記室内の前記圧力が、約20から約200ミリの範囲にあることを特徴とする請求項14に記載の処理法。

【請求項18】 前記電力密度が、ウェーハ領域で約20から約40ワット/インチ<sup>2</sup> の範囲にあることを特徴とする請求項14に記載の処理法。

【請求項19】 さらに、塩素含有ガスと選択不活性ガスを前記プラズマが点弧する前記室に流入することを特徴とする請求項14に記載の処理法。

【請求項20】 半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材をエッチングするプラズマ補助の高圧処理法にして、約50MHz から約800MHz の周波数範囲を有する一つ以上の電源を使用し、陽極と陰極上に取り付けられたウェーハとを有した500ミリから約50トルの範囲内の圧力に維持された真空室内で約15から約76ワット/インチ<sup>2</sup> のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されたプラズマを維持することにより成ることを特徴とする前記の処理法。

【請求項21】 前記陽極と陰極の電極が、5cmより小さい電極間隔を有することを特徴とする請求項20に記載の処理法。

【請求項22】 前記陽極と陰極の、約0.2cmから約5cmの範囲にある電極間隔を有することを特徴とする請求項20に記載の処理法。

【請求項23】 前記高圧プラズマエッチング処理法が、約0.2から約1.0ミクロン/分のエッチング速度で酸化けい素をエッチングする処理より成ることを特徴とする請求項21に記載の処理法。

【請求項24】 前記高圧プラズマエッチング処理が、約1トルから約20トルの圧力範囲内で行われることを特徴とする請求項23に記載の処理法。

【請求項25】 電力が、約30から約50ワット/イ

ンチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度レベルに維持されていることを特徴とする請求項24に記載の処理法。

【請求項26】 さらに、ふっ素の素材と、炭素の素材と、水素の選択素材と、選択不活性ガスとを、前記エッチングの間、前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項25に記載の処理法。

【請求項27】 前記高圧プラズマ処理法が、ポリシリコンあるいはフォトレジストよりはむしろ酸化けい素をエッチングする選択処理より成り、酸化けい素エッチング（厚さ）速度とポリシリコンあるいはフォトレジストエッチング（厚さ）速度との約2:1から30:1の範囲の比が得られるように、炭素とふっ素との原子比が約0.1:1から約2:1の範囲であり、存在する水素とふっ素との原子比が約0.1:1から0.5:1の間にあることを特徴とする請求項23に記載の処理法。

【請求項28】 前記高圧プラズマエッチング処理法が、約0.2から約1.0ミクロン/分の範囲のエッチング速度において、ポリシリコンあるいはアルミニウムをエッチングする処理より成ることを特徴とする請求項21に記載の処理法。

【請求項29】 前記高圧プラズマエッチング処理法が、約1トルから約20トルの圧力範囲内で行われることを特徴とする請求項28に記載の処理法。

【請求項30】 電力が、約20から約40ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度レベルにおいて維持されることを特徴とする請求項29に記載の処理法。

【請求項31】 さらに、塩素の素材と選択不活性ガスとを前記エッチングの間前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項30に記載の処理法。

【請求項32】 半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材を蒸着するプラズマ補助の低圧CVD処理法にして、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する一つ以上の電源を有し、陽極と陰極に取り付けられたウェーハとを有した約2から約500ミリトルの範囲内の圧力に維持された真空室内で約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されたプラズマを保持することより成ることを特徴とする前記の処理法。

【請求項33】 前記陽極と陰極が、約5cm以上の陽極と陰極との間隔を有することを特徴とする請求項32に記載の処理法。

【請求項34】 前記陽極と陰極が、約5cmから約30cmの範囲の電極間隔を有することを特徴とする請求項32に記載の処理法。

【請求項35】 前記低圧CVD処理法が、約0.1から約1.5ミクロン/分の蒸着速度において酸化けい素を蒸着する処理より成ることを特徴とする請求項34に記載の処理法。

【請求項36】 前記電源が、約100MHzから約250MHzの周波数範囲内で動作することを特徴とする

請求項35に記載の処理法。

【請求項37】 前記室内の前記圧力が、約20から約200ミリトルの範囲にあることを特徴とする請求項36に記載の処理法。

【請求項38】 前記電力密度が、ウェーハ領域で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲にあることを特徴とする請求項37に記載の処理法。

【請求項39】 さらに、1種類以上のけい素の素材と、1種類以上の酸素の素材と、選択不活性ガスとを、前記プラズマが点弧される前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項38に記載の処理法。

【請求項40】 前記低圧CVD処理法が、約0.1から1.5ミクロン/分の蒸着速度において窒化けい素を蒸着する処理より成ることを特徴とする請求項34に記載の処理法。

【請求項41】 前記電源が、約100MHzから約250MHzの周波数範囲内で動作することを特徴とする請求項40に記載の処理法。

【請求項42】 前記室内の前記圧力が、約2から約500ミリトルの範囲にあることを特徴とする請求項41に記載の処理法。

【請求項43】 前記室内の前記圧力が、約20から約200ミリトルの範囲にあることを特徴とする請求項41に記載の処理法。

【請求項44】 前記電力密度が、ウェーハ領域で約30から約76ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲にあることを特徴とする請求項42に記載の処理法。

【請求項45】 前記電力密度が、ウェーハ領域で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲にあることを特徴とする請求項42に記載の処理法。

【請求項46】 さらに、1種類以上のけい素の素材と、1種類以上の窒素の素材と、水素の選択素材と、選択不活性ガスとを、プラズマが点弧される前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項44に記載の処理法。

【請求項47】 半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材を蒸着するプラズマ補助高圧CVD共形等方性処理法にして、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する一つ以上の電源を有し、陽極と陰極に取り付けられたウェーハとを有した500ミリトルから約5トルの範囲内の圧力において維持された真空室内において、ウェーハ領域で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度レベルに維持されたプラズマを維持することより成る前記の処理法。

【請求項48】 前記陽極と陰極が、5cmより小さい陽極と陰極との電極間隔を有することを特徴とする請求項47に記載の処理法。

【請求項49】 前記陽極と陰極が、約0.2cmから約5cmの範囲の電極間隔を有することを特徴とする請求項47に記載の処理法。

【請求項50】 前記プラズマ補助高圧共形等方性蒸着処理法が、約0.5から約1.0ミクロン／分の蒸着速度において酸化けい素を蒸着する処理より成ることを特徴とする請求項48に記載の処理法。

【請求項51】 前記処理法がさらに、1種類以上のけい素の素材と、1種類以上の酸素の素材と、選択不活性ガスとを、前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項50に記載の処理法。

【請求項52】 さらに、約1トルから約20トルの範囲の前記室内の圧力を維持することより成ることを特徴とする請求項51に記載の処理法。

【請求項53】 前記プラズマ補助高圧共形等方性蒸着処理法が、約0.5から約1.0ミクロン／分の蒸着速度において窒化けい素を蒸着する処理より成ることを特徴とする請求項48に記載の処理法。

【請求項54】 前記処理法が、さらに、1種類以上のけい素の素材と、1種類以上の窒素の素材と、水素の選択素材と、選択不活性ガスとを、前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項53に記載の処理法。

【請求項55】 さらに、約1トルから約20トルの範囲の前記室内の圧力を維持することより成ることを特徴とする請求項54に記載の処理法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、集積回路構造体を形成する半導体ウェーハの処理に関する。具体的には、本発明は、半導体ウェーハの処理におけるVHF/UHFプラズマの使用に関する。

【0002】

【従来の技術】 集積回路構造体を形成する半導体ウェーハの処理において、プラズマ処理は、蒸着あるいはエッチング加工段階で、しばしば使用されている。この種の処理、例えば、反応性イオンエッチング(RIE)、プラズマエッチング、CVDファセット(facet)、あるいは、共形等方性CVDなどにおいては、発電器あるいは電源からのラジオ周波数の電力は、一般に、発電器あるいは電源からプラズマへの電力伝送を最大にするある種の整合回路網を経て、真空処理室内の電極へ加えられる。十分に大きい電界が真空室内の電極の間に形成されている場合、電界は、ガス内に存在する電子を加速して、電子はガス分子と衝突する。電子と原子あるいは分子との質量の差が大きいため、非常に小さいエネルギーが、弾性的過程を経て伝達される。従って、電子はエネルギーを電界から得て、時には、ガス分子と非弾性的に衝突し、ガス分子を励起するか、あるいは、イオン化する。イオン化により、ほかの電子が放出され、電子は順次、電界によって加速される。イオン化と再結合の過程が平衡状態にある場合、この電子なだれにより、ガスが破壊して、定常状態のプラズマが発生する。高度に反応性のイオンとラジカルな原子核が発生して、素材を半導

体ウェーハ上でエッチングするか、あるいは、蒸着するために使用される。

【0003】 このような従来技術のプラズマ発生に使用されている電源は、約10~400KHzの低周波、約13~約40MHz(一般に、13.56MHz)の範囲の高周波、及び約900MHzから2.5GHzの範囲のマイクロ波における電磁放射を一般に使用している。10~400KHzの低周波において、イオンと電子はいずれも、振動電界、及びすべての定常状態の電界あるいはプラズマ内に発生したバイアスにより加速されて、ウェーハ上に組付けられた敏感な素子に対する電位破壊の危険を誘発する。いわゆる高周波帯域の13~40MHzの高周波において、定常状態の電極シース電圧が、数百ボルトから千ボルト以上の範囲で発生する。これは、素子破壊が約200ボルトより高い電圧における問題であるので、素子の構造、材料、及びほかの要因に従って、問題を起す。

【0004】 高いシース電圧の問題は、プラズマを励起するマイクロ波電源、即ち、約900MHzから約2.5GHzの範囲の周波数の電源を使用することにより改善された。この方法により、低分子エネルギー、すなわち、10~30eVにおいてプラズマが発生する。しかし、マイクロ波周波数を使用すると、明らかにシース電圧の低下により、エネルギーの異方性(垂直性)の損失を伴い、明らかに分子エネルギーレベルの低下により、エッチングあるいは蒸着の速度の低下が生ずる。実際に、数例では、SiO<sub>2</sub>の反応性イオンエッチングなどのプロセスのしきい値エネルギーレベルには、プラズマに送られるマイクロ波エネルギーだけを使用して、達することが出来ない。

【0005】 マイクロ波エネルギー源のみを使用する場合にこのような欠点があるので、マイクロ波エネルギーは、ウェーハのシース電圧を十分に高めて所望の異方性をエッチングにおいて得るために、13.56MHzなどの高周波において、ほかの電源との組合せで使用されている。マイクロ波ECR源は、マイクロ波源と、ECR条件が満足される、すなわち、マイクロ波源の放射周波数 $W = |B|e/m$  ここで $|B|$ は磁界の大きさ、 $e$ と $m$ は、それぞれ電子の電荷と質量であるような磁界を使用する。これは、低圧において高密度で低エネルギーのプラズマを発生する。発散磁界が、イオンを引き出して高エネルギーへ加速するために使用されるか、あるいは、高周波のバイアスが、イオンのエネルギーを増大するため、ウェーハに印加される。

【0006】 しかし、このような多重電源装置の使用と調整は、この種のエッチングあるいは蒸着処理に使用される装置を、さらに複雑にする。その上、ECR装置を使用するには、0.1から数ミリトルの低い動作圧力を使用することが必要である。これにより、非常に大きい真空ポンプを使用しなければ、反応室に流れるエッチング

あるいは蒸着のガスの最大流量が低下することになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、ウェーハ上の素子への破壊を防止するに十分に低く、しかし所望の異方性を得るに十分に高く、また、従来技術の処理と比較出来る反応速度において、シース電圧が発生する電源を使用して、プラズマ補助の処理を行うことが、望ましい。

【0008】

【課題を解決するための手段】従って、本発明の目的は、約50MHz から約800MHz の範囲の周波数を有する電源を使用して、半導体ウェーハ上の集積回路素子の生産用のプラズマ補助処理法を提供することである。本発明のほかの目的は、半導体ウェーハ上の集積回路素子の製造に使用される素材をエッチングするプラズマ補助処理法を提供することであり、この処理法は、約50MHz から約800MHz の範囲の周波数を有する電源を使用して、約2から約500ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で、約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されることより成っている。

【0009】本発明のさらにほかの目的は、半導体ウェーハ上の酸化けい素をエッチングするプラズマ補助のRIE処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHz から約250MHz の周波数範囲を有する電源を使用して、約2から約500ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約30から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、少なくとも約2:1の陽極と陰極との有効面積比にして5cm以上の電極間隔で、一種類以上のエッチングガスと選択不活性ガスを真空室に流して、約0.3から0.75ミクロン/分のエッチング速度で異方性エッチングを行うことより成っている。

【0010】本発明のなおほかの目的は、半導体ウェーハ上の酸化けい素を異方性にエッチングするプラズマ補助のRIE処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHz から約250MHz の周波数範囲を有する電源を使用して、約20から約200ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、約2:1から約20:1の陽極と陰極との有効面積比にして5cmの電極間隔で、ふっ素の素材、水素の選択素材、炭素の素材、及び選択不活性ガスを真空室に流して、約0.3から約0.75ミクロン/分のエッチング速度で異方性エッチングを行うことより成っている。

【0011】本発明のそのほかの目的は、ポリシリコンあるいはフォトレジストに関して、半導体ウェーハ上の酸化けい素を選択的に異方性にエッチングするプラズマ補助のRIE処理法を提供することであり、この処理法

は、約100MHz から約250MHz の周波数範囲を有する電源を使用して、約20から約200ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、ふっ素の素材、水素の選択素材、炭素の素材、及び選択不活性ガスを真空室に流すことより成り、この場合炭素とふっ素の原子比が約0.1:1から約2:1の範囲にあり、水素（存在する場合）とふっ素の原子比が約0.1:1から約0.5:1の範囲にあり、約2:1かあ20:1の陽極と陰極との有効面積比にして約5cmから約30cmの電極間隔で、約0.3から約0.75ミクロン/分のエッチング速度において、約2:1から30:1以上の酸化けい素のエッチング（厚さ）速度とポリシリコンあるいはフォトレジストのエッチング（厚さ）速度の比が得られる。

【0012】なお、本発明のそのほかの目的は、半導体ウェーハ上のポリシリコンあるいはアルミニウムをエッチングするプラズマ補助のRIE処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHz から約800MHz の周波数範囲を有する電源を使用して、約2から約500ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、少なくとも約2:1の陽極と陰極の面積比にして5cm以上の電極間隔で、1種類以上のエッチングガスと選択不活性ガスを真空室に流して、約0.2から約1.0ミクロン/分のエッチング速度で異方性エッチングを行うことより成っている。

【0013】さらに本発明のそのほかの目的は、半導体ウェーハ上のポリシリコンあるいはアルミニウムを異方性にエッチングするプラズマ補助のRIE処理法を提供することであり、この処理法は、約150MHz から約600MHz の周波数範囲を有する電源を使用して、約20から約200ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約20から約40ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ面の電力密度レベルに維持され、一方で、約2:1から約20:1の陽極と陰極の面積比にして約5cmから約30cmの電極間隔で、ふっ素の素材と選択不活性ガスを真空室に流入して、約0.5から約0.7ミクロン/分のエッチング速度で異方性エッチングを行うことより成っている。

【0014】本発明のほかの目的は、半導体ウェーハ上の集積回路の製作に使用される素材をエッチングするプラズマ補助エッチング処理法を提供することであり、この処理法は、約50から約800MHz の周波数範囲を有する電源を使用して、500ミリトルから50トルの範囲にある圧力の真空室内で約15から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されていることより成っている。

【0015】本発明のさらにほかの目的は、半導体ウェーハ上の酸化けい素をエッチングするプラズマ補助エッチング処理法を提供することであり、約100MHz か

ら約200MHzの周波数範囲を有する電源を使用して、約1トルから約20トルの範囲にある圧力の真空室内で約30から50ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、約5cmより小さい陽極と陰極との間隔で、ふっ素の素材、カーボンの素材、水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室に流して、約0.2から約1.0ミクロン/分のエッチング速度が得られる。

【0016】本発明のなおほかの目的は、ポリシリコンあるいはフォトレジストのエッチングに関して、半導体ウェーハ上の酸化けい素を選択してエッチングするプラズマ補助のエッチング処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHzから約200MHzの周波数範囲を有する電源を使用して、1トルから20トルの範囲にある圧力の真空室内で約30から約50ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、ふっ素の素材、炭素の素材、水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室内に流すことより成り、この場合、陰極と陽極の電極間隔が約5cmより小さい状態で、炭素とふっ素の原子比が約0.1:1から約2:1の範囲にあり、水素（存在する場合）とふっ素の原子比が約0.1:1から約0.5:1の範囲にあって、約0.2から約1.0ミクロン/分のエッチング速度で、酸化けい素のエッチング（厚さ）速度とポリシリコンあるいはフォトレジストのエッチング（厚さ）速度との比が得られる。

【0017】本発明のさらにほかの目的は、半導体ウェーハ上のポリシリコンあるいはアルミニウムをエッチングするプラズマ補助のエッチング処理法を提供することであり、約100MHzから約200MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約1トルから約20トルの範囲にある圧力の真空室内で約20から約40ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の電極間隔が約5cmより小さい状態で、塩素の素材と選択不活性ガスを真空室に流して、約0.2から約1ミクロン/分のエッチング速度を設定していることより成っている。

【0018】本発明のほかの目的は、半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材を蒸着するプラズマ補助CVDファセット（facet）蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約2から約500ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されていることより成っている。

【0019】本発明のなおほかの目的は、半導体ウェーハ上に酸化けい素を蒸着するプラズマ補助CVDファセット蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHzから約250MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約2から約500ミリトルの範囲にあ

る圧力の真空室内で約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の面積比が少なくとも2:1、また、電極間隔が5cm以上の状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の酸素の素材、及び選択不活性ガスを真空室に流し、これにより約0.1から約1.5ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0020】本発明のさらにほかの目的は、半導体ウェーハ上に酸化けい素を蒸着するプラズマ補助CVDファセット蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHzから約250MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約20から約200ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の面積比が少なくとも2:1から20:1、また、電極間隔が約5cmから約30cmである状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の酸素の素材、及び選択不活性ガスを真空室に流して、約0.4から約1.0ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0021】なお、本発明のそのほかの目的は、半導体ウェーハ上に窒化けい素を蒸着するプラズマ補助CVDファセット蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHzから約250MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約2から約500ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の面積比が少なくとも2:1、また、電極間隔が5cm以上の状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の窒素の素材、水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室に流して、約0.1から約1.5ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0022】さらに本発明のそのほかの目的は、半導体ウェーハ上に窒化けい素を蒸着するプラズマ補助CVDファセット蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約100MHzから約250MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約20から200ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の面積比が約2:1から約20:1、また、電極間隔が約5cmから約30cmの状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の窒素の素材、及び水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室に流し、約0.4から約1.0ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0023】本発明のほかの目的は、半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材を蒸着するプラズマ補助CVD共形等方性蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約50MHzから約800MHz



の周波数範囲を有する電源を使用し、500ミリトルから約50トルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されることより成っている。

【0024】さらに、本発明のほかの目的は、半導体ウェーハ上に酸化けい素を蒸着するプラズマ補助CVD共形等方性蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約150MHzから約800MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、500ミリトルから約50ミリトルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の電極間隔が約5cmより小さい状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の酸素の素材、及び選択不活性ガスを真空室に流し、約0.5から約1.0ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0025】さらに、本発明のほかの目的は、半導体ウェーハ上に酸化けい素を蒸着するプラズマ補助CVD共形等方性蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約150MHzから約800MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約1トルから約20トルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の電極間隔が約5cmより小さい状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の窒素の素材、水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室に流して、約0.5から約1.0ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0026】なお、本発明のそのほかの目的は、半導体ウェーハ上に窒化けい素を蒸着するプラズマ補助CVD共形等方性蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約150MHzから約800MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、500ミリトルから約50トルの範囲にある圧力の真空室内で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の電極間隔が約5cmより小さい状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の窒素の素材、水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室内に流し、約0.5から約1.0ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0027】さらに、本発明のそのほかの目的は、半導体ウェーハ上に窒化けい素を蒸着するプラズマ補助CVD共形等方性蒸着処理法を提供することであり、この処理法は、約150MHzから約800MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、約1トルから約20トルの範囲にある真空室内で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲のウェーハ領域の電力密度レベルに維持され、一方で、陽極と陰極の電極間隔が5cmより小さい状態で、1種類以上のけい素の素材、1種類以上の窒素の素材、水素の選択素材、及び選択不活性ガスを真空室に流し

て、約0.5から約1.0ミクロン/分の蒸着速度を設定していることより成っている。

【0028】

【実施例】本発明は、プラズマ補助処理法を使用して、真空室内で陽極と間隔において、陰極上に取り付けられた半導体ウェーハ上に、集積回路構造体を製作する改良された方法を提供しており、プラズマ補助処理法において、プラズマは、真空室内の陰極と陽極とへ接続し、また、約50から約800MHzの範囲の周波数で動作する、VHF/UHF電源と呼ばれる電源により発生する。

【0029】好適に、約2:1から約20:1の陽極と陰極の面積比、及び約5cmから約30cmの電極間隔において、電源は、低圧プラズマ補助処理、すなわち、約500ミリトルを超えない圧力範囲内で維持された真空室内で行われる処理の場合、約50から約500MHzの周波数範囲内の電力を発生する。好適に、約5cmより小さい陽極と陰極の電極間隔において、電源は、高圧プラズマ補助処理、すなわち、500ミリトルから50トル以上の圧力範囲に維持された真空室内で行われる処理の場合、約100MHzから約800MHzの周波数範囲内の電力を発生する。

【0030】プラズマが、約50から約800MHzの範囲内の周波数の電源により発生する場合のプラズマ補助処理を行うことにより、シース電圧は、ウェーハ上の構造体に対する破壊を防止するように十分に低く維持されるが、補助電源を必要とせず、この処理を適切に始動することが出来る。その上、この周波数範囲でプラズマが動作すると、イオンエネルギーの減少と、プラズマのラジオ周波数電圧の低下とこれらの周波数におけるプラズマインピーダンスの低下による電流の増加に伴うイオン束密度の増加とにより、満足出来る蒸着速度あるいはエッチング速度が達成される。さらに、この周波数範囲のプラズマを形成して印加することにより、マイクロローディング (microloading) の影響は低減するか、あるいは、除去される。例えば、同じエッチング速度が、開孔の大きさに関係なく、保持される。

【0031】ここで使用されている用語“シース (sheath)”は、プラズマ内の各電極に形成した、電子が欠如した領域を意味する。用語“シース電圧”は、特定の電子欠如領域、すなわち、プラズマと電極 (陰極あるいは陽極) の間の特定のシースに発生し電圧を意味する。本発明により行われるエッチングと蒸着処理において、約50MHzから約800MHzの範囲の周波数で動作する電源により励起されたプラズマを使用する場合、磁気強化のため真空室の回りに配置された補助磁石を組合せて使用することが出来る。プラズマは、約50MHzから約800MHzの周波数範囲外で動作する電源を含む一つ以上の電源へ接続することが出来る。

【0032】本発明は、各種の処理法で使用する事が

出来る。それらは、低圧における反応性イオンエッチング(RIE)すなわち500ミリトル以下、高圧におけるプラズマエッチングすなわち500ミリトル以上の圧力、低圧における化学蒸着(CVD)ファセット法すなわち500ミリトル以下、及び高圧における共形等方性CVD法すなわち500ミリトル以上の圧力などである。

【0033】本発明の処理法は、本出願と関連出願の、米国特許No. 07/416,750に開示されている装置などのすべての普通の真空エッチングあるいは蒸着装置で使用される。しかし、本発明により約50MHzから約800MHzの周波数範囲で動作する電源は、真空装置と適切に接続することが、本発明の処理法を実施するに当って重要である。電源へ適切に接続して、この周波数範囲の真空室内のプラズマにこの電力を接続する回路網が、米国特許出願No. (整理番号151-1)、名称“VHF/UHF反応装置”に開示され、特許請求がなされている。

#### A. 反応性イオンエッチング(RIE)

本発明に従い、酸化けい素、ポリシリコン、アルミニウムなどの素材は、約50MHzから800MHzの周波数範囲、好適には、約500ミリトルを超えない圧力において、50MHzから600MHzの周波数内で動作する電源へ接続したプラズマを使用して、反応性イオンエッチングによって除去することが出来る。

【0034】本発明(陰極上に取付けられたウェーハによる)により行われるRIE処理における全有効陽極面積と全有効陰極面積との比は、陽極と陰極との平均電極間隔が約5cmから約30cmの範囲にあって、陽極:陰極=2:1~20:1の範囲にあることが好適である。ここで使用されている陽極あるいは陰極の“有効面積”は、プラズマへ接続した電極の面積として定義される。

【0035】SiO<sub>2</sub>などの酸化けい素が除去されるものである場合、プラズマの電源の周波数は、プラズマの電源の通常周波数が約150MHzから約200MHzの範囲で維持された状態で、約100から約250MHzの範囲に適切に維持される。高い周波数は約800MHzまで使用出来るが、エッチング速度とエッチングの異方性は、それによって、許容限界以下に低下する。

【0036】本発明の実施において、RIE酸化けい素エッチングに対して使用される圧力は、約2ミリトルから約500ミリトルの範囲にあり、通常の圧力が約50ミリトルである状態で、約20から200ミリトルの範囲にあることが好適である。本発明による、酸化けい素のエッチングに使用されるプラズマの電力密度(ウェーハ領域のワット/インチ<sup>2</sup>)は、約30から約76ワット/インチ<sup>2</sup>、例えば、一般的な直径5インチのウェーハの場合約600~1500ワットの範囲にある。好適には、電力密度は、約45から約56ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲である。

【0037】各種のエッチングの化学物質が、酸化けい素の除去のために、本発明のRIE処理の実施において利用され、酸化けい素には、1種類以上のふっ素含有ガス、1種類以上の炭素含有ガス、及び選択の1種類以上の水素含有ガスが含まれている。代表的ガスとガスの混合物には、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、CHF<sub>3</sub>、CH<sub>3</sub>F、CHF<sub>3</sub>、CH<sub>3</sub>FとCF<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>とCH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>とCHF<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とCHF<sub>3</sub>、NF<sub>3</sub>とCH<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>とCH<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>、及び、このガスの化合物あるいはガスの混合物がある。選択使用の酸素の素材は、本分野の精通者には周知のように、上記混合物のすべてと結合して、エッチングの選択性を制御する。アルゴンなどの不活性ガスは、エッチングの異方性を改善するために、エッチングガスのすべての化合物と共に選択して使用される。一般的10~15リットルのエッチング室に使用される各ガスの流量は、所望の圧力範囲について使用される真空ポンプの大きさによって、約1から約300sccmの範囲にある。

【0038】酸化けい素のRIE除去は、本発明の処理法を使用して、湿潤酸化物の状態で熱的に成長した酸化物(流れのなかで成長)に対して、約0.3~0.75ミクロン/分の範囲の酸化物除去速度が得られる。このエッチングは、実際に、高度に異方性であり、集積回路構造体に対する識別出来る程度の破損は、ウェーハには残存しない。

【0039】ポリシリコンあるいはフォトレジストについて、酸化けい素に対して選択性のある酸化けい素エッチングを行うことが望まれる場合、炭素とふっ素の原子比は、約0.1:1から約2:1の範囲になければならない。また、水素(多くのガスの一つに存在する場合)とふっ素の原子比は、約0.1:1から約0.5:1の範囲になければならない。

【0040】また、アルミニウムとポリシリコンは、約100MHzから約800MHzの周波数において、好適には、約150MHzから約600MHzの周波数において動作する電源を使用して、本発明に従って行われたRIE処理によって、除去することが出来る。アルミニウムあるいはポリシリコンのRIE除去に使用される圧力は、酸化物のRIE除去に使用される圧力と同じである。すなわち、約2ミリトルから約500ミリトルの範囲の低圧であり、好適には、約20ミリトルから約200ミリトルの範囲の圧力である。

【0041】アルミニウムあるいはポリシリコンのRIE除去は、本発明の処理により、約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の、例えば、直径5インチに対し約200~1500ワットのウェーハ面の電力密度、また、好適には、約20から約40ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度によって行われる。アルミニウムあるいはポリシリコンの除去に使用される有用な代表的RIE化学物質には、不活性ガスと塩水含有ガスの混合、例えばCl<sub>2</sub>とArの混合、あるいは、BCl<sub>3</sub>とArの混合など

があり、これらのガスは、本発明の処理を行う場合に使用される。この種のガスの普通の流量は、10～15リットルのエッチング室の場合、塩素含有ガスあるいはアルゴンなどの不活性ガスに対して、約10から約100 sccmの範囲である。

【0042】本発明により行われたアルミニウムあるいはポリシリコンRIE処理のエッチング除去の速度は、約0.2から約1.0ミクロン／分の範囲であり、好適には、約0.5から約0.7ミクロン／分の範囲である。このエッチングは、実際に高度に異方性であり、ウェーハ上に残留する集積回路構造体には識別出来る破損はない。また、単結晶シリコンも酸化けい素のエッチングに使用する化学物質を変えることにより、例えば、ふっ素の素材、及び炭素と酸素の選択使用素材を使用して、本発明のRIEによって除去することが出来る。

#### B. プラズマ補助高圧エッチング

酸化けい素及びアルミニウムあるいはポリシリコンのエッチング除去は、高圧により、すなわち、500ミリトルから50トル以上の圧力により行うことも出来る。このような高圧プラズマ補助エッチング処理が、アルミニウムあるいはポリシリコンなどの素材の除去のために、本発明に従って使用される場合、プラズマ励起に使用される周波数は、約50MHzから約800MHz、好適には、約100MHzから約200MHzの範囲にあり、圧力は500ミリトルから約50トル以上、好適には、約1トルから約20トルの範囲である。

【0043】電力密度は、ウェーハ領域で約15から約76ワット／インチ<sup>2</sup>、好適には、約30から約50ワット／インチ<sup>2</sup>の範囲である。陽極と陰極の電極間隔は、プラズマが電極間の容積を完全に満すように、約0.2cmから約5cmの範囲である。酸化けい素除去の本発明の高圧プラズマ補助エッチング処理の実施に使用されるエッチング化学物質には、1種類以上のふっ素含有ガス、1種類以上の炭素含有ガス、選択使用の1種類以上の水素含有ガスがある。代表的ガスと混合ガスは、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、CHF<sub>3</sub>とCHF<sub>3</sub>とCHF<sub>3</sub>、CH<sub>3</sub>FとCF<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>とCF<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>とCH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>とCHF<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とCHF<sub>3</sub>、NF<sub>3</sub>とCH<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>とCH<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>とH<sub>2</sub>、及び、この種のガスあるいは混合ガスの化合物である。選択使用の酸素の素材は、上記混合物のどれとも結合して、本分野の熟練者には周知のように、エッチングの選択性を制御する。

【0044】アルゴンなどの不活性フローガスは、望むならば、エッチングガスのすべての化合物と一緒に使用されて、エッチング面の外形を制御する。一般的な10～15リットルのエッチング室に使用される各ガスの流量は、所望の圧力範囲で使用される真空ポンプの大きさに従って、約1から約300 sccmの範囲である。本発明により行われるこの高圧プラズマ補助エッチングのエッチング速度は、約0.2から約1.0ミクロン／分の範囲である。

【0045】本発明のこの処理の実施において、アルミニウムあるいはポリシリコン除去に有用なエッチング化学物質は、低圧RIE処理に使用されるものと同じ、すなわち、塩素含有ガスと不活性ガスの混合であり、例えば、Cl<sub>2</sub>とArの混合、あるいは、BCl<sub>3</sub>とArとの混合である。10～15リットルのエッチング室に使用されるこの種のガスの一般的な流量は、塩素含有ガスあるいはアルゴンなどの不活性ガスのいずれについても、約10から約100 sccmの範囲である。アルミニウムあるいはポリシリコンのエッチング除去速度は、このような化学物質を使用して、約0.2から約1.0ミクロン／分の範囲である。

【0046】単結晶シリコンも、酸化けい素のエッチングに使用される化学物質を変えて、例えば、ふっ素の素材及び炭素と酸素の選択素材を使用して、本発明の高圧エッチング処理によって除去することが出来る。

#### C. CVD低圧(ファセット) 蒸着

プラズマ補助処理法により集積回路構造体を製作する、改良された本方法では、プラズマは、約50から約800MHzの周波数で動作する電源により発生する。また、本方法は、低圧CVD処理などのプラズマ補助蒸着処理にも使用出来る。

【0047】CVDファセット処理として知られているこの処理では、シリコンウェーハの深溝の外側(上部)の角に蒸着された素材(例えば、酸化物あるいは窒化物)のエッチングも、酸化物あるいは窒化物の深溝内への蒸着を瞬間的に行い、これによって、充填素材内のすき間の形成を防止することが出来る。従来技術では、このようなファセット及び蒸着は、ECR/マイクロ波周波数プラズマCVDで瞬間的に行われ、一般的な13.56MHzなどの高周波でプラズマ補助CVDを使用する従来技術では、所望のファセットを得るために、蒸着室とエッチング室との間を往復することが必要であった。

【0048】本発明により、瞬間的低圧CVD蒸着とファセットは、プラズマが約50MHzから800MHzの周波数範囲で、好適には、約100MHzから約250MHzの周波数範囲で動作する電源により励起される。従って、複雑なマイクロ波/ECR装置の使用、あるいは、蒸着室とエッチング室との間でウェーハを往復する必要は、本発明の処理を行うことにより避けることが出来る。

【0049】このようなプラズマ補助CVDファセット蒸着中のプラズマの電力密度は、約10から約76ワット／インチ<sup>2</sup>、好適には、約30から約76ワット／インチ<sup>2</sup>、最も好適には約45から約56ワット／インチ<sup>2</sup>の範囲内に維持されなければならない。酸化物あるいは窒化物の蒸着速度は、約0.1から約1.5ミクロン／分の範囲の蒸着速度を生ずる10～76ワット／インチ<sup>2</sup>の電力密度範囲を有するプラズマの電力密度と共に変化

するが、約45から56ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度で動作すると、酸化物あるいは窒化物などの素材の所望の厚さが蒸着されるまで、蒸着速度は、約0.4から1.0ミクロン/分の範囲にある。

【0050】このプラズマ補助CVDファセット蒸着中の蒸着室内の圧力は、約2ミリトルから約500ミリトルの範囲に、好適には、約20ミリトルから約200ミリトルの範囲に維持されなければならない。蒸着室内の陽極の全有効面積と陰極（ウェーハが支持されている）の全有効面積との比は、—“有効面”は、前に定義されている通りに、プラズマに接続した面積である—最小で約2:1から約20:1の範囲であり、陽極と陰極との間隔は、最小で約5cmから約30cmである。

【0051】この方法により酸化けい素を蒸着する場合、アルゴンなどの選択不活性ガスのほかに、1種類以上のけい素の素材と1種類以上の酸素の素材が、蒸着室に流入する。けい素の素材は、シラン（SiH<sub>4</sub>）などの気体状の素材、あるいは、有機けい素の素材、例えば、テトラエチルオルトけい酸塩（TEOS）などの液状素材からの蒸気である。酸素の素材は、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、あるいは、少量の酸素を有するかまたは有していない同素材の化合物、または、すべてのほかの入手容易な酸素の素材である。ドーパ剤の素材も、ドーパされたガラスを蒸着することが必要である場合、反応室内へ流すことが出来る。

【0052】5～10リットル蒸着室へのガスの代表的流量は、けい素の素材としてシラン及び酸素の素材としてO<sub>2</sub>あるいはN<sub>2</sub>Oをアルゴンガスと共に使用する場合、約10～150sccmのSiH<sub>4</sub>、約10～300sccm、及びゼロから約500sccmのアルゴンである。TEOSが、けい素の素材として使用される場合、代表的流量は、約0.1から約1.0グラム/分の範囲である。

【0053】窒化けい素は、酸化けい素の代りに、同一蒸着条件で酸素の素材を窒素の素材に置き換えて、半導体ウェーハに蒸着することが出来るが、オキシ窒化物を形成しない上記のすべてのけい素の素材を使用する。これに関して、留意すべきことは、形成された、いわゆる窒化けい素は、真のSiH<sub>4</sub>でないが、窒化けい素あるいは単に“窒化物”と慣例的に呼ばれているSi<sub>x</sub>HyN<sub>z</sub>であることである。

【0054】このような窒化けい素の層を蒸着する場合、窒素とアンモニアは、窒素の素材として使用される。水素の選択素材も供給出来る。窒化けい素の蒸着の場合の代表的ガスの流量は、酸化けい素の蒸着と同じ条件で、約10から約150sccmのSiH<sub>4</sub>、約25から約300sccmのN<sub>2</sub>、約ゼロから約50sccmのNH<sub>3</sub>、ゼロから約50sccmの水素、及びゼロから約500sccmのアルゴンである。

【0055】オキシ窒化けい素を半導体ウェーハに蒸着することが望まれる場合、酸素の素材は、ほかのすべて

の反応条件を実質的に変えることなく、窒化けい素の形成に使用され反応物質へさらに加えることが出来る。

#### D. 高圧CVD（共形等方性）蒸着

酸化けい素と窒化けい素などの素材の共形等性層の蒸着は、また、高圧条件の下で、すなわち、500ミリトルを超えて50トル以上の圧力において、好適には、約1トルから約20トルの範囲で、また、約50MHzから約800MHzの範囲の、好適には、約150MHzから800MHzの範囲の周波数において励起されたプラズマを使用して、本発明により製作され、ウェーハ面の約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>の電力密度において、例えば、一般的な直径5インチのウェーハについて約200から約750ワットの電力レベルに維持される。陽極と陰極の電極間隔は、約0.2から約5cmの範囲にある。

【0056】けい素の素材は、シラン（SiH<sub>4</sub>）などの気体状の素材、あるいはSiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>などの置換されたシランである。酸素の素材は、N<sub>2</sub>Oあるいはほかの入手容易で酸素の十分に安全な素材である。5～10リットルの蒸着室へのガスの一般的流量は、けい素の素材としてシランと酸素の素材としてN<sub>2</sub>Oを使用して、約10～1000sccmのSiH<sub>4</sub>と約100～5000N<sub>2</sub>Oである。このような蒸着条件の下で、約0.1から約2ミクロン/分の蒸着速度が、共形のSiO<sub>2</sub>の所望の厚が得られるまで、維持される。

【0057】窒化けい素は、また、同一高圧蒸着条件の下で、酸素の素材を窒素の素材に置換して、酸化けい素の代りに蒸着される。低圧処理法の場合のように、窒素と（選択的）アンモニアが、窒素の素材として使用される。窒化けい素蒸着の場合の一般的ガスの流量は、酸化けい素の高圧蒸着の場合と同一条件の下で、約10から約100sccmのSiH<sub>4</sub>、約100から約1,000sccmのN<sub>2</sub>、及び約ゼロから約100sccmのNH<sub>3</sub>であり、酸化けい素とほぼ同じ蒸着速度、すなわち、約0.1から約2ミクロン/分の速度に達する。

【0058】半導体ウェーハにオキシ窒化けい素の共形層を等方性に蒸着することが、望まれる場合、N<sub>2</sub>Oなどの酸素の素材が、ほかのすべての反応条件を実質的に変えることなく、窒化けい素の形成に使用される反応物質へさらに加えられる。従って、本発明は、約50MHzから約800MHzの範囲内の周波数において動作する電源により励起されたプラズマにより、素材の半導体ウェーハへのエッチングと蒸着に関する改良された方法を提供し、ウェーハ上の素子への破損の危険を防止するに十分に低いが、所望の異方性を得るに十分に高いシース電圧を形成し、これによって、本処理法は、従来技術の処理法に匹敵する反応速度で行われる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプラズマ補助の処理法によるRIE低圧エッチングを示す流れ図である。

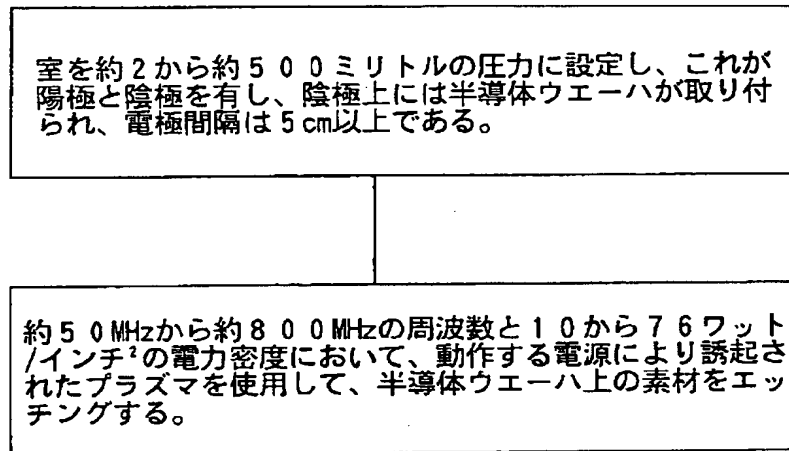
【図2】本発明のプラズマ補助の処理法による高圧エッチングを示す流れ図である。

【図3】本発明のプラズマ補助の処理法による低圧CVD

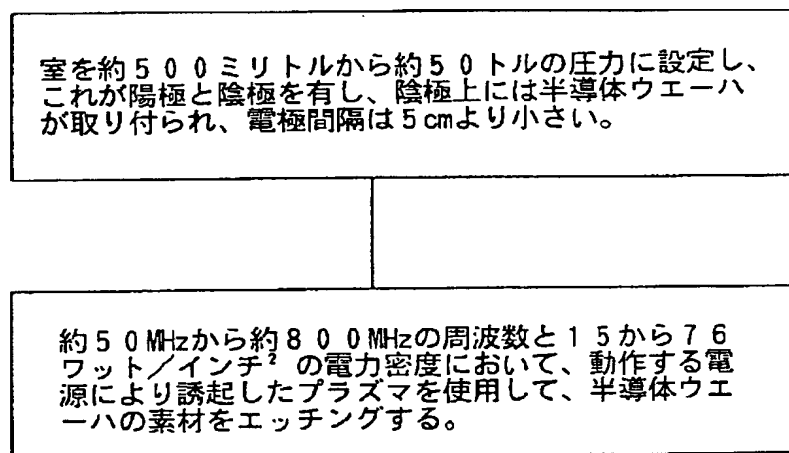
D（ファセット）蒸着を示す流れ図である。

【図4】本処理法のプラズマ補助の処理法による高圧CVD共形等方性蒸着を示す流れ図である。

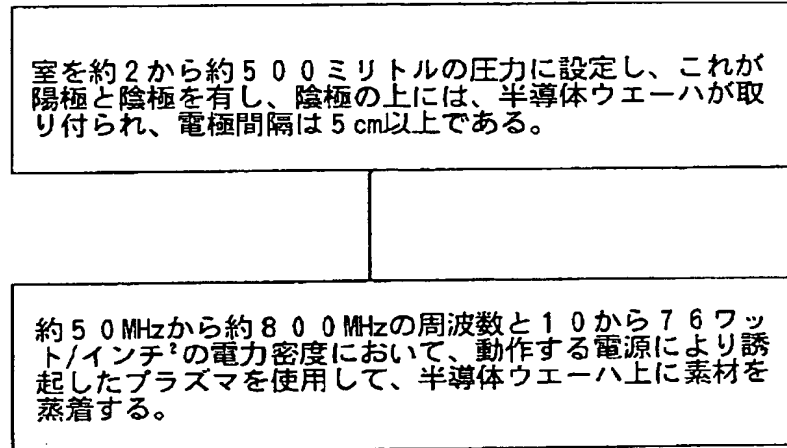
【図1】



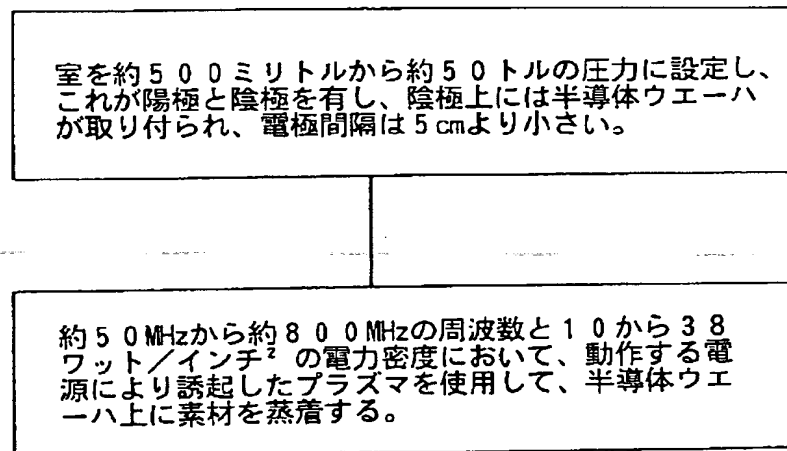
【図2】



【図 3】



【図 4】



## 【手続補正書】

【提出日】平成5年6月18日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウェーハ上に集積回路素子を製作することに使用される素材をエッチングするプラズマ補助のRIE処理法にして、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する電源を使用し、陽極と陰極上のウェーハとを有した約2から約500ミリの範囲内の圧力において維持された真空エッチング室内で、約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の、ウェーハ

領域の電子密度に維持されたプラズマを維持することより成ることを特徴とする前記処理法。

【請求項2】 前記陽極と陰極が、少なくとも2:1の陽極と陰極との面積比と約5cm以上の電極間隔を有することを特徴とする請求項1に記載の処理法。

【請求項3】 前記陽極と陰極が、約5cmから約30cmの範囲の電極間隔を有することを特徴とする請求項1に記載の処理法。

【請求項4】 電力密度が、約30から約76ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲に或ることを特徴とする請求項1に記載の処理法。

【請求項5】 前記室内の前記圧力が、約20から約200ミリの範囲にあることを特徴とする請求項2に記載の処理法。

【請求項6】 さらに、ふっ素の素材と、水素の選択素材と、炭素の素材と、酸素の選択素材と、選択不活性ガスを、前記プラズマが点弧する前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項2に記載の処理法。

【請求項7】 半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材をエッチングするプラズマ補助の高圧処理法にして、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する一つ以上の電源を使用し、陽極と陰極に取り付けられたウェーハとを有した500ミリトルから約50トルの範囲内の圧力に維持された真空室内で約15から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されたプラズマを維持することより成ることを特徴とする前記の処理法。

【請求項8】 前記陽極と陰極の電極が、5cmより小さい電極間隔を有することを特徴とする請求項7に記載の処理法。

【請求項9】 電力が、約30から約50ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度レベルに維持されていることを特徴とする請求項7に記載の処理法。

【請求項10】 半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材を蒸着するプラズマ補助の低圧CVD処理法にして、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する一つ以上の電源を有し、陽極と陰極に取り付けられたウェーハとを有した約2から約500ミリトルの範囲内の圧力に維持された真空室内で約10から約76ワット/インチ<sup>2</sup>のウェーハ領域の電力密度レベルに維持されたプラズマを保持することより成ることを特徴とする前記の処理法。

【請求項11】 前記陽極と陰極が、約5cmから約30cmの範囲の電極間隔を有することを特徴とする請求項10に記載の処理法。

【請求項12】 さらに、1種類以上のけい素の素材と、1種類以上の酸素の素材と、選択不活性ガスを、前記プラズマが点弧される前記室に流入することより成ることを特徴とする請求項10に記載の処理法。

【請求項13】 半導体ウェーハ上の集積回路素子の製作に使用される素材を蒸着するプラズマ補助高圧CVD共形等方性処理法にして、約50MHzから約800MHzの周波数範囲を有する一つ以上の電源を有し、陽極と陰極に取り付けられたウェーハとを有した500ミ

リトルから約5トルの範囲内の圧力において維持された真空室内において、ウェーハ領域で約10から約38ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲の電力密度レベルに維持されたプラズマを維持することより成る前記の処理法。

【請求項14】 前記陽極と陰極が、5cmより小さい陽極と陰極との電極間隔を有することを特徴とする請求項13記載の処理法。

【請求項15】 半導体ウェーハ上に集積回路素子を製作する際にアルミニウム及びポリシリコンから成る群から選択される材料を非等方的にエッチングするための低圧プラズマ補助のRIE処理法にして、真空エッチング室内で、約150MHzから約600MHzの周波数範囲を有する電源を使用して、プラズマを発生して、前記エッチング中に前記ウェーハ上の素子に損傷を生じる危険性を除去するのに十分低いシース電圧を与え、約20から40ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲にウェーハ領域の電力密度を維持し、一種以上の塩素含有ガスと一種以上の不活性ガスとの混合ガスをアノードとカソード上に設置されたウェーハとを含む前記真空エッチング室内に流入し、前記真空エッチング室の圧力を約2から約500ミリトルの範囲に維持して、毎分約0.2から約1ミクロンのアルミニウム又はポリシリコンのエッチ速度を達成することを特徴とする前記の処理法。

【請求項16】 半導体ウェーハ上に集積回路素子を製作する際にアルミニウム及びポリシリコンから成る群から選択される材料をエッチングするためのプラズマ補助高圧力処理法にして、真空エッチング室内で、約100MHzから約200MHzの周波数範囲を有する一つ以上の電源を使用して、プラズマを発生して、前記エッチング中に前記ウェーハ上の素子に損傷を生じる危険性を除去するのに十分低いシース電圧を与え、約20から40ワット/インチ<sup>2</sup>の範囲にウェーハ領域の電力密度を維持し、一種以上の塩素含有ガスと一種以上の不活性ガスをアノードとこのアノードから約0.2から約5cm離れたカソード上に設置されたウェーハとを含む前記真空エッチング室内に流入し、前記真空エッチング室の圧力を約500ミリトルから約50トルに維持して、毎分約0.2から約1ミクロンのアルミニウム又はポリシリコンの除去速度を達成することを特徴とする前記の処理法。

フロントページの続き

(72)発明者 クレイグ エイ ローデリック  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95117 サン ホセ パインヴィュー ド  
ライヴ 776

(72)発明者 チャン ロン ヤン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95032 ロス ガトス カメリア テラス  
16569

(72)発明者 ディヴィッド エヌ ケイ ワン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95070 サラトガ ソービー ロード  
15230

(72)発明者 ダン メイダン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
94022 ロス アルトス ヒルズ マリエ  
ッタ レーン 12000